

# 食事が血糖値に及ぼす影響 第2報

## —自由咀嚼摂取と強制咀嚼摂取の差—

Effect of Meals on Blood Glucose Level (Part II ):Difference between Free mastication and Forced mastication

内田 あや, 中村 美保, 大橋 美佳, 百合草 誠, 松田 秀人  
Aya UCHIDA, Miho NAKAMURA, Mika OHASHI, Makoto YURIKUSA, Hideto MATSUDA

米飯食を用いて、摂食時の咀嚼回数と食後血糖値を調べることにより、咀嚼が血糖値に及ぼす影響を調べることを目的とした。さらに体脂肪が血糖値に及ぼす影響も合わせて検討した。被験者は19～20歳の健康な若年女性34名で、市販のおにぎり2個（約350kcal）を自由に咀嚼摂取させたときと、一口40回強制的に咀嚼摂取させたときの食後血糖値を比較した。空腹時、食後15、30、60、90、120分の計6回指先より採血し、血糖測定器で測定した。その結果、強制咀嚼摂取させたときの食後血糖値は、すみやかに上昇し下降も早かった。体脂肪率30%以上の群と30%未満の群に分けて比較したところ、自由咀嚼摂取時に差は認められなかったが、強制咀嚼摂取時では体脂肪率30%以上の群が30%未満の群に比べ食後60分値が有意に高かった。

Using rice, frequency of mastication and postprandial glucose levels were examined with the aim of investigating the effect that mastication has on glucose levels. Effect of body fat on blood glucose levels were also investigated. The postprandial glucose levels were compared when 34 young 19-20 year old healthy female test subjects unrestrictedly masticated 2 supermarket rice-balls (approx. 350kcal) with when they masticated one mouthful of rice controlled to 40 times. Blood samples were taken from a fingertip 6 times; on an empty stomach and at 15, 30, 60, 90 and 120mins after the meal, and measured using a blood glucose meter. When compared with the controlled mastication consumption the blood glucose level increased quickly and fell promptly. In comparing the 30% or more body fat group with the up to 30% body fat group, no difference was confirmed for unrestricted mastication however, for the controlled mastication, the 30% or more body fat group was significantly higher at the 60min postprandial value when compared with the up to 30% body fat group.

キーワード：咀嚼, 血糖値, 米飯食, 体脂肪率, 自己血糖測定器

Mastication, Blood glucose, Rice, Body fat percent, Self blood glucose meter

### I. 緒言

「よく噛んで食べなさい」これは食事の時によく言われる言葉であるが、よく噛んで味わって食べること

によって、血糖の上昇、食後体温の上昇、脳内のヒスタミン・セロトニンの増加、摂食時の味覚・嗅覚などの感覚刺激などが満腹中枢を刺激し、満腹感が促進さ

れると考えられている<sup>1-4)</sup>。食物をゆっくり噛んで食べることは、フレッチャー式食事療法としてアメリカの栄養士 Horace Fletcher が、よく噛むことにより暴食を防止し全身ならびに口腔の健康を増進すると提唱した<sup>5)</sup>。今日の先進国のような飽食の状態では、よく咀嚼して食べることで肥満予防に役立つと考えられており<sup>6,7)</sup>、我々の研究グループは以前に、一口あたりの咀嚼回数を増加させることにより肥満児童の肥満度が減少したことを報告した<sup>8)</sup>。

今日の日本では食事が欧米化し、穀物や野菜を中心とした日本の伝統的な食事よりも軟らかくなっていることが危惧されている<sup>9)</sup>。Wister 系ラットで、成分が同一の固形状餌と粉状餌で4週齢時からを育成し、経口糖負荷試験を行なったところ固形食群が粉食群より有意に高い血糖値推移を示し、生育時の飼料の性状が後の耐糖能や体重に影響を及ぼすことが示唆されている<sup>9,10)</sup>。

我々は第1報で、同一エネルギーの米飯食とパン食を摂取させたときの食後の血糖値を測定したところ、米飯食摂取後が常に高く推移することを報告した<sup>11)</sup>。今回、米飯に焦点を絞り、米飯摂取時の咀嚼回数の差が食後血糖値に及ぼす影響を調べ、咀嚼が血糖値推移に及ぼす影響を調べることを目的とした。我々は被験食品に米飯を用いたがその理由は以下の3点である。

①炭水化物を多く含み食後の血糖値を測定するのに適していること、

②1口40回以上の咀嚼に耐えうること

③日本の伝統食品であり日常的によく摂取されており、米飯を主食とした日本型食生活が推奨されている<sup>12)</sup>こと

さらに、体脂肪が血糖値に及ぼす影響も合わせて検討した。

## II. 対象と方法

### 1. 被験者

被験者は、名古屋文理大学短期大学部の女性34名(19~20歳)で、健康で身体的な異常は認められなかった。被験者には文書により、研究協力の同意を得た。本研究は名古屋文理大学研究倫理委員会の承認を得て実施した。

### 2. 身体測定

身長、体重、体脂肪率を測定した。身長は身長計(YAGAMI, YL-65S)を、体重と体脂肪率は、体脂肪計

(TANITA BODY FAT ANALYZER TBF-350)を用いて測定した。身長と体重よりBMIを算出した。

### 3. 被験食品

被験食品として市販の「おにぎり」(日高昆布、ジャパンフレッシュ社製)2個(約350kcal)を摂取させた。被験食品の栄養成分を表1に示した。

表1 被験食品の栄養成分

数量	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	炭水化物 (g)	脂質 (g)
おにぎり (日高昆布) 2個 あたり	352	7.2	75.6	2.4

### 4. 実施方法

#### ①空腹時血糖の測定

夕食後絶食、翌朝9時に採血を空腹時血糖値とした。採血には自己採血用の穿刺ペンを用い、指先から自己採血した後、血糖測定器(メディセーフミニGR102)で測定した。

#### ②被験食品の摂取

予備実験で本研究と同一の性、年齢の被験者(15名)に被験食品を摂取させ、摂取状態をビデオ撮影し1口あたりの咀嚼回数を数えたところ、1口あたりの咀嚼回数の平均が29±13回(平均値±標準偏差)であったので、強制咀嚼摂取の咀嚼回数を40回と設定した。

被験食品の摂取は自由咀嚼と強制咀嚼により行なった。被験者を無作為に2群に分け、一方を自由咀嚼摂取、他方を強制咀嚼摂取とし、1週間間隔で交叉させた。自由咀嚼摂取では、被験食品を普段食事を摂る時と同様に通常の速さで、噛むことを意識させずに摂取させた。強制咀嚼摂取では、1口につき40回強制的に咀嚼摂取させた。被験食品摂取中は水分(ノンカロリー)の摂取は自由とした。

#### ③食後血糖値の測定

食後15, 30, 60, 90, 120分に空腹時と同様の方法で採血させ、血糖測定を行なった。試験実施中は快適な空調を保ち、被験者は椅子に腰掛け心身ともに安静にするよう努めた。

#### ④血糖下面積(AUC)の算出

血糖値(mg/dL)と時間(分)で囲まれた面積を血糖下面積(AUC)とし台形公式で面積を算出した。

#### ⑤解析方法

得られたデータをStat View 5.0(SAS)の統計ソフ

表2 身体測定結果

	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	体脂肪率 (%)
全体 (n=34)	157.3±6.0	51.4±8.0	20.7±2.8	25.4±5.4
30%未満 (n=27)	156.8±6.1	48.6±5.3	19.7±1.8	23.3±3.8
30%以上 (n=7)	159.0±5.3	62.0±7.8	24.4±2.5	33.3±2.1

トで Wilcoxon の符号付順位検定, Mann-Whitney の U 検定で, 血糖推移に関しては反復測定分散分析により検定した。また, 体脂肪率30%以上の群と30%未満の群に分けて解析を行なった。

### Ⅲ. 結果

#### 1. 身体測定

表2に身体測定の結果を示した。BMIの平均値±標準偏差は20.7±2.8 kg/m<sup>2</sup> (最高28.4 kg/m<sup>2</sup>, 最低15.1 kg/m<sup>2</sup>) で, 同様に体脂肪率は25.4±5.5% (最高36.1%, 最低14.2%) であった。成人女性において肥満と言われている体脂肪率は30%以上なので, 被験者を体脂肪率30%で区分すると, 体脂肪率30%未満の被験者 (以下体脂肪率30%未満と略す) は27名で

あり, 体脂肪率30%以上の被験者 (以下体脂肪率30%以上と略す) は7名であった。

#### 2. 耐糖能異常者の有無

空腹時血糖値は全員110mg/dL未満であり, 耐糖能異常者はいなかった。

#### 3. 自由咀嚼摂取と強制咀嚼摂取の血糖の推移

図1, 表3に自由咀嚼摂取と強制咀嚼摂取の血糖の推移を示した。両咀嚼とも血糖値のピークは食後30分であったが, 自由咀嚼摂取より強制咀嚼摂取の食後血糖値が食後15分 (p<0.0001), 30分 (p=0.0047) で有意に高かった。しかしながら食後90分では逆に有意に低くなった (p=0.0056)。すなわち, 強制咀嚼は

表3 体脂肪率で比較した自由咀嚼摂取と強制咀嚼摂取の血糖値推移

体脂肪率	空腹時	15分	30分	60分	90分	120分
自由咀嚼摂取						
全体 (n=34)	82±10	124±26	149±20	142±23	139±19	123±18
30%未満 (n=27)	82±10	123±24	146±17	141±22	133±17	121±16
30%以上 (n=7)	83±7	127±33	158±24	148±27	139±23	133±18
強制咀嚼摂取						
全体 (n=34)	90±9	153±19	169±18	140±29	125±20	116±16
30%未満 (n=27)	89±8	153±12	157±13	134±26	121±15	113±12
30%以上 (n=7)	93±10	153±34	172±26	161±26	140±28	126±23

数値は血糖値の平均値±標準偏差 (mg/dL)

\*は各群間に有意な差があることを示す。\* : p<0.05, \*\* : p<0.01, \*\*\* : p<0.0001

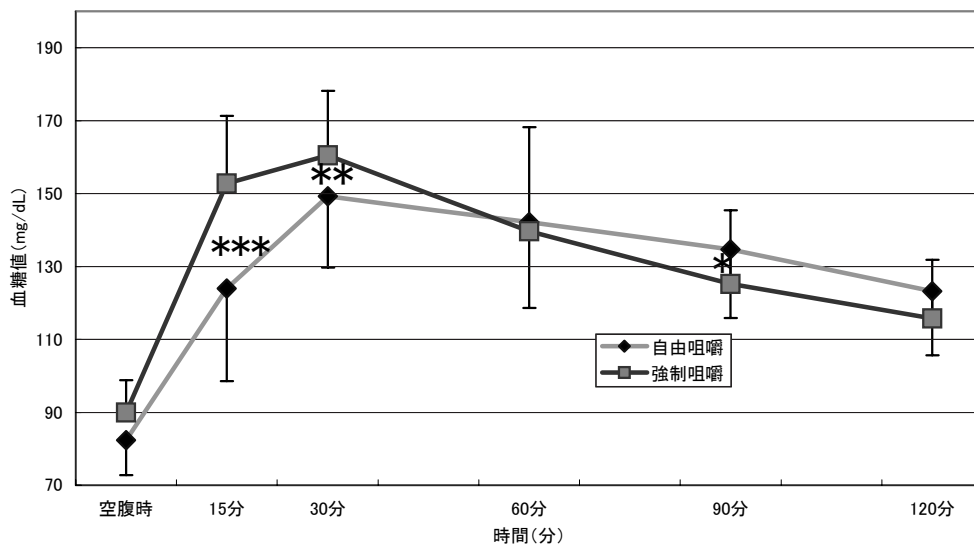


図1 自由咀嚼摂取と強制咀嚼摂取の血糖推移 (n=34)

\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$ , \*\*\* :  $p < 0.0001$

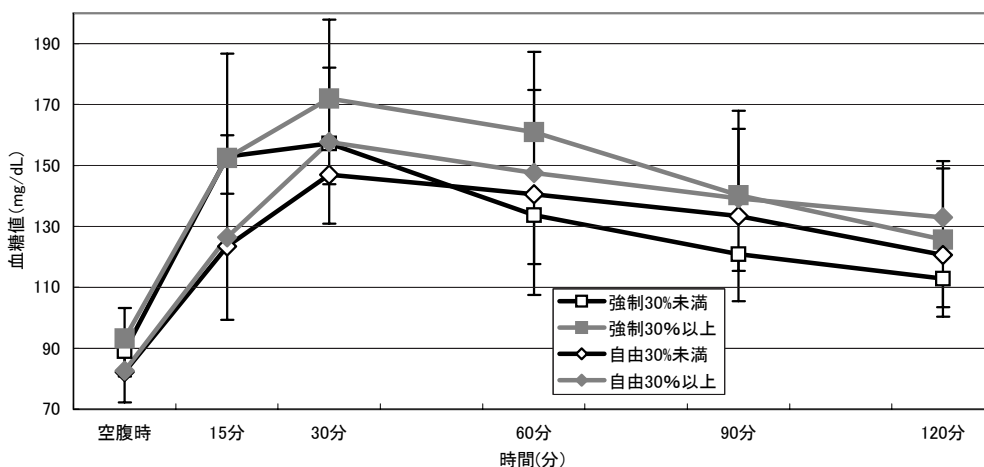


図2 体脂肪率で比較した自由咀嚼と強制咀嚼の血糖値推移

30% 未満 : n=27, 30% 以上 : n=7

自由咀嚼よりも血糖がすみやかに上昇し下降もはやくなることがわかった。表4にAUCの算出結果を示した。自由咀嚼摂取のAUCと強制咀嚼摂取のAUC間に有意差は認められなかった。また、両咀嚼時の血糖推移を分散分析で検定したところ、有意差が認められた ( $p < 0.0001$ )。

#### 4. 体脂肪率による血糖推移の比較

図2、表3に体脂肪率で比較した自由咀嚼と強制咀

嚼の血糖値推移を示した。自由咀嚼摂取では、体脂肪率30%以上が常に高い血糖推移を示したが、30%未満との間に有意差は認められなかった。血糖推移やAUCにも有意差は認められなかった。

強制咀嚼摂取では、食後60分で体脂肪率30%以上が30%未満より有意に高かった ( $p = 0.0240$ )。血糖推移には有意差は認められなかった。AUCは体脂肪率30%以上が30%未満群より有意に大きかった ( $p = 0.0474$ )。

## 5. 体脂肪率による、強制咀嚼摂取と自由咀嚼摂取の血糖推移の比較

体脂肪率30%未満では、強制咀嚼摂取の食後15分 ( $p<0.0001$ ), 30分 ( $p=0.0047$ ) が有意に高く、食後90分では有意に低かった ( $p=0.0056$ )。すなわち体脂肪率30%未満では、強制咀嚼摂取は自由咀嚼よりも血糖値が速やかに上昇し下降もはやかった。血糖推移にも有意差が認められた ( $p<0.0001$ )。

体脂肪率30%以上では、食後15分 ( $p=0.0464$ ), 30分 ( $p=0.0180$ ) で強制咀嚼摂取が有意に高かった。血糖推移には有意差は認められなかった。

すなわち、30%未満では90分で強制咀嚼摂取が自由咀嚼摂取の血糖値より有意に低かったが、30%以上では120分に強制咀嚼摂取が自由咀嚼摂取の血糖値より低くなったが有意差は認められなかった。

また、体脂肪率 (30%以上, 30%未満) の群別にそれぞれ、強制咀嚼摂取と自由咀嚼摂取のAUCを比較したところ有意差は認められなかった。

表4 血糖上昇下面積 (AUC)

	全体	体脂肪率	
		30%未満	30%以上
自由咀嚼摂取	15874±1661	15150±3324	16396±2079
強制咀嚼摂取	16258±1798	14659±4340	17783±2417

数値は血糖上昇下面積の平均値±標準偏差 (mg × min/dL)

## IV. 考察

### 1. 摂取方法が血糖値に及ぼす影響

米飯をよく咀嚼して食べたときと、咀嚼しないで飲み込んだときの食後血糖値は、よく咀嚼して食べたときの方が食後15分から150分まで常に高く、有意差が認められたという報告がある (Readら)<sup>13)</sup>。しかし、本研究ではより咀嚼回数の多い強制咀嚼摂取の血糖値が自由咀嚼摂取より常に高く推移をすることはなく、強制咀嚼摂取の血糖値は自由咀嚼摂取よりも早期に上昇し下降も早かった (図1)。両群ともに咀嚼して摂取しているため、全く咀嚼しなかったときとよく咀嚼したときを比較したReadらの報告の条件とは物理的、神経的、内分泌的に異なった要因が強く働き、血糖値に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。

米飯を10回、20回、35回咀嚼すると回数が増すほどでんぷんの消化による糖の生成量も増加するという報告がある<sup>14)</sup>。摂取された炭水化物は、咀嚼による唾液

や唾液中の $\alpha$ -アミラーゼで二糖や少糖に分解された後、小腸粘膜のスクラーゼやマルターゼなどによりグルコースまで膜消化され小腸上皮細胞より吸収される<sup>15)</sup>。米飯を咀嚼すると、咀嚼による $\alpha$ -アミラーゼ分泌増加と食物の細分化が同時に起こる。咀嚼による飯粒の細分化は咀嚼回数に比例し、飯粒そのままの形で残存する量は咀嚼回数に比例して減少し、大きい粒子サイズが効率的に細分化される<sup>14)</sup>。安静時と咀嚼時の単位液量あたりの $\alpha$ -アミラーゼ活性には有意差はないが咀嚼時には安静時よりも唾液流出量は増加し、咀嚼時間と唾液量は比例するとされている<sup>14)</sup>。強制咀嚼摂取では自由咀嚼摂取よりも飯粒が細分化され、咀嚼回数の増加に伴って咀嚼時間が増加することによって唾液分泌量も増加し、米飯は $\alpha$ -アミラーゼの作用を多く受けたのではないだろうか。その結果、二糖や少糖が多く生成され、小腸での膜消化がスムーズに行なわれ吸収が高まり、強制咀嚼摂取の血糖値は自由咀嚼摂取よりも速やかに上昇したのではないかと考えられる。

また通常炊飯の米飯と炊飯時の加水量を減らした硬飯を摂取させた研究によると、硬飯は単位量あたりの咀嚼時間 (秒/g) が1.5~1.6倍長く、食後の血糖値や血漿インスリンの推移にも相違が認められた<sup>14)</sup>という。米飯と硬飯は成分が同じ食品であるにもかかわらず、食後の血糖値や血漿インスリンの推移が異なることから、硬さや咀嚼時間が食後の血糖値や血漿インスリンの推移に影響を及ぼしていることが示唆される。本研究では咀嚼回数の違いにより食後の血糖値推移に有意差が認められたことから、咀嚼回数やそれに伴う咀嚼時間の違いが血糖の上昇のみならず、血糖の下降にも関与している可能性があると考えられる。この点に関しては、不明な点が多いため、今後さらに検討したいと考えている。

### 2. 体脂肪率が血糖値に及ぼす影響

強制咀嚼摂取の食後60分に体脂肪率30%以上が30%未満に比して有意に高い血糖値を示した (図2)。被験食品 (米飯とハンバーグ) を十分に咀嚼させて摂取させ、食後の血糖値と血漿インスリンを調べた研究によると、健康な被験者では十分な咀嚼で摂取したほうが食後の血糖値が有意に低く、インスリン分泌を早期に増大することが示唆されている<sup>16)</sup>。耐糖能異常者と軽度の2型糖尿病の被験者に十分に咀嚼させるとインスリン分泌量が増加せず、その結果食後血糖値上昇を



もたらしたと報告されている<sup>16)</sup>。日本でのBMI25~30の軽度の肥満者は内臓脂肪蓄積型が大部分であり、日本人ではBMI25~30という軽度の肥満であっても耐糖能異常や2型糖尿病の発症危険度は標準者の2倍になると言われている<sup>17)</sup>。内臓脂肪細胞が産生・分泌するある種のサイトカインの産生分泌が増加または低下することにより、インスリン感受性は低下し、耐糖能障害が引き起こされ血糖値が上昇する<sup>17)</sup>。内臓脂肪由来のサイトカインによりインスリン抵抗性が惹起されると、肝臓や筋肉への糖の取り込みの割合が減少し、取り込まれなかったグルコースが全身の血液中に溢れ、食後高血糖になりやすいと考えられている<sup>18)</sup>。本研究では腹部CTスキャンによる内臓脂肪断面積を調べていないため体脂肪率30%以上の内臓脂肪蓄積量は不明であること、体脂肪率30%以上が必ずしもBMI25以上ではなかったこと、また血漿インスリンの測定を行わなかったのでインスリン抵抗性の有無は不明であること等の理由から本研究の体脂肪率30%以上の被験者に耐糖能異常が生じているかどうかは不明である。今回の結果を参考に血液生化学検査（インスリン、遊離脂肪酸など）やCTなどの測定を行い、体脂肪率と耐糖能の関連を検討したいと考えている。

## 引用文献

- 1) Fujise T, Nakata M, Yoshimatu H, Kurokawa M, Oohara A, Kang M, Sakata T, Satiatory and Masticatory Function Modulated by Brain Histamine in Rats, *Proc Soc Exp Biol Med(USA)*, 217, 228-234(1998)
- 2) 大村裕, 食事と脳の健康, *Foods & Foods Ingrid Jpn*, 180, 2-5(1999)
- 3) 滝口俊男, チューイングガムの機能と効用, 噛むことと新素材の生体への影響, *食の科学*, 210, 36-48(1995)
- 4) C.A.Fornal, C.W.Metzler, F.Marrosu, L.E.Ribiero-do-valle, B.L.Jacobs, A subgroup of dorsal raphe serotonergic neurons in the cat is strongly activated during oral-buccal movements, *Brain Res*, 716, 123-133(1996)
- 5) Christen AG, Christen JA, Horace Fletcher, The Great Masticator, *J Hist Dent*, 45, 95-100(1997)
- 6) 齊藤滋, よく噛んで食べるー忘れられた究極の健康法ー, 初版, 日本放送出版協会, 19-21, 49-59(2005)
- 7) 坂田利家, 肥満防止と治療における咀嚼の臨床意義, *日本味と匂学会誌*, 13(2), 149-156(2006)
- 8) 松田秀人, 高田和夫, 浅井寿, 栗崎吉博, 長嶋正實, 町田元實, 齊藤滋, 小児肥満解消セミナーにおける肥満度の改善と咀嚼回数の関係, *日本咀嚼学会雑誌*, 10(1), 35-40(2000)
- 9) 橋本和佳, 百合草誠, 松田秀人, 高田和夫, 犬飼敏博, 土屋智昭, 吉田真琴, 清水武藤, 咀嚼が糖代謝に及ぼす影響ー育成時の食餌性状の違いによる検討ー*日本咀嚼学会雑誌*, 17(1), 52-59(2007)
- 10) 百合草誠, 橋本和佳, 犬飼敏博, 土屋智昭, 吉田真琴, 松田秀人, 大野紀和, 田嶋伸一郎, 伊藤裕, ラット育成時の食餌性状の違いと糖代謝との関係, *愛知学院大学歯学会誌*, 45(4), 611-617(2007)
- 11) 内田あや, 大橋美佳, 中村美保, 松田秀人, 食事が血糖値に及ぼす影響ー米飯食とパン食の差ー*名古屋文理大学紀要*, 8, 33-39, (2008)
- 12) 芳本信子, 食べ物じてん, 初版, 学建書院, 30-31, (2005)
- 13) W.Read, I.Mcl.Welch, C.J.Austen, C.Barnish, C.E.Bartlett, A.J.Baxter, G.Brown, M.E.Compton, K.E.Hume, I.Storie and J.Worliding, Swallowing food without chewing; a simple way to reduce postprandial glycaemia, *British Journal of Nutrition*, 55, 43-47, (1986)
- 14) 柳澤幸江, 栄養学的見地からの食物物性研究ー米飯の物理的性状とヒトの血糖値・インスリン分泌反応ー*女子栄養大学紀要*, 23, 57-68(1992)
- 15) 林正健二, ナーシンググラフィカ①人体の構造と機能ー解剖生理学ー初版, メディカ出版, 117(2006)
- 16) Hidehiko Suzuki, Mitsuo Fukushima, Shigeru Okamoto, Osamu Takahashi, Takuro Shimbo, Takeshi Kurose, Yuichiro Yamada, Nobuya Inagaki, Yutaka Seino, Tsuguya Fukui, Effects of thorough mastication on postprandial plasma glucose concentrations in nonobese Japanese subjects, *Metabolism*, 54(12), 1593-1599, (2005)
- 17) 宮崎 慈, 肥満症治療ガイドラインの概要, *栄養学雑誌*, 65(1), 1-10, (2007)
- 18) 社団法人日本糖尿病学会, 糖尿病専門医研修ガイドブックー日本糖尿病学会専門医取得のための研修必携ガイドー, 第3版, 診断と出版社, 4-6, (2007)